

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ МАЙНСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДААННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В. К. ЧЕРЕПНИН

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

Введение

В данной статье излагаются результаты изучения зоны окисления Майнского месторождения. Последняя представляет собой весьма благоприятный объект, так как характеризуется достаточно хорошей проработанностью и наличием большого количества самых разнообразных вторичных продуктов. Кроме того, достаточно разветвленная сеть подземных выработок позволяет проводить корреляцию поверхностного выхода с первичным оруденением, а также в литературе имеется некоторый фактический материал по строению и составу недоступных в настоящее время средних горизонтов окисленной зоны [1, 6].

Заметим также, что автор настоящей статьи стоит на позициях широкого толкования понятия «Зона окисления», полностью разделяя в этом отношении взгляды Ф. Н. Шахова [10, 11].

В отношении общей геологической позиции оруденения следует отметить, что рудные тела месторождения залегают в пределах ослабленной зоны северо-западного простирания, проходящей в порфиритах ниже-монокской свиты ($Ст_2^1$).

Порфириты в пределах указанной зоны интенсивно рассланцованы, хлоритизированы и окварцованы. В результате этого они превращены в хлоритовые, хлорито-кварцевые и кварцево-хлоритовые сланцы.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Изучение поверхностного выхода центральной части месторождения позволило в пределах ее площади выделить ряд следующих разнообразных элементов (рис. 1): 1) осветленные породы; 2) породы, обогащенные гидратами окиси железа; 3) бурые железняки; 4) окисленные аналоги бедных вкрапленных руд; 5) опализированные породы; 6) серия рыхлых продуктов зоны окисления.

Осветленные породы

Данные образования представляют собой резко отбеленные породы. Наиболее эффектно они выражены в висячем боку рудной зоны. Обращает на себя внимание тот факт, что подвергшиеся осветлению породы обычно сохраняют свою прежнюю текстуру, а временами и структуру, как это имеет место, например, у порфиритов.

Под микроскопом осветленные породы представляют собой существенно кремнистые образования, состоящие из кварца, халцедона, опала и тонкодисперсного глинистого материала. Исследования последнего при помощи центрифугирования с последующим окрашиванием органическими красителями по методу Н. Е. Веденевой и М. Ф. Викуловой [2, 3] показали, что он состоит в основном из гидрослюд и монтмориллонита с почти постоянным присутствием каолинита и редкой примесью бейделлита. Эти данные вполне согласуются с результатами изучения осветленных пород некоторых полиметаллических месторождений Центрального Казахстана, приведенными Н. Н. Великой [4, 5].

Химизм процесса осветления в настоящее время полностью не выяснен. Однако имеющиеся факты показывают, что он идет с энергичным разложением темноцветных компонентов и частичным — полевых шпатов. Ниже приводим результаты химических анализов¹⁾ двух сравнительно свежих пород участка, взятых в пределах рудной зоны и их осветленных аналогов. Для сравнения даем результаты анализов подобных же образований из работы Н. Н. Великой [4] по одному из полиметаллических месторождений Центрального Казахстана²⁾.

Окислы	Порфирит		Кв. порфир		Туф кв. порфирита	
	Майна		Майна		Казахстан	
	свежий	нацело осветленный	свежий	значит. осветленный	свежий	осветленный
SiO ₂	50,38	82,48	70,04	63,58	64,85	73,18
Al ₂ O ₃	15,98	5,96	14,90	20,73	17,47	15,55
Fe ₂ O ₃	4,76	0,24	0,83	4,78	3,36	0,89
FeO	9,59	0,76	3,15	1,05	0,33	0,03
TiO ₂	1,80	4,46	0,37	0,52	0,34	0,31
CaO	5,10	нет	1,60	нет	4,20	1,65
MgO	5,79	0,29	2,21	0,65	1,57	0,74
K ₂ O+Na ₂ O	2,19	0,43	4,46	1,84	5,76	3,92
SO ₃	0,35	0,10	0,02	0,02	0,34	0,30
P ₂ O ₅	—	—	—	—	0,14	0,07
H ₂ O	—	—	—	—	0,14	0,18
п.п.п.	4,66	4,60	1,78	7,14	1,19	2,86
Σ	100,62	99,32	99,36	100,31	99,69	99,68

Анализируя приведенные данные химических анализов, можно видеть, что процесс осветления идет с энергичным выносом кальция, магния, щелочей и двухвалентного железа. В отношении щелочей Н. Н. Великая указывает, что выносу подвергается только калий, количество же натрия или остается неизменным, или даже заметно возрастает. Что касается трехвалентного железа, то содержание его, на наш взгляд, не является показательным, так как местами осветленные породы могут быть интенсивно лимонитизированы (подобно анализируемому образцу кварцевого порфира).

Приведенные выше анализы не дают четкой картины в отношении поведения глинозема и кремнекислоты. В двух случаях из трех имеет

¹⁾ Анализы выполнены химической лабораторией Томской комплексной экспедиции Новосибирского территориального геологического управления.

²⁾ Из анализов двух образцов неизмененных пород взято среднее содержание.

место значительное увеличение кремнекислоты и уменьшение количества глинозема. В одном случае картина как раз обратная (кварцевый порфир). Нам представляется, что такое несоответствие вытекает из хода самого процесса осветления и объясняется следующим образом. На начальных и средних этапах развития процесса осветления происходит некоторое накопление глинозема, который совместно с кремнекислотой образует значительное количество водных алюмосиликатов. В конечных же этапах процесса сульфатные растворы разлагают образовавшиеся ранее водные алюмосиликаты и выносят глинозем. В результате образуются породы, обогащенные кремнекислотой и обедненные глиноземом.

Наконец, из этих же анализов видно, что наиболее высокое содержание двуокиси титана наблюдается в порфиритах, то есть в породах, значительно обогащенных темноцветными компонентами, которые и следует рассматривать как носители титана. Обращает на себя внимание также тот факт, что осветленные порфириты содержат почти в три раза больше титана, чем их неизменные разности. Это, по-видимому, объясняется очень плохой миграционной способностью данного элемента в условиях гипергенеза, когда за счет выноса других компонентов происходит его накопление.

Весьма широким развитием в осветленных участках пользуется стебельчатый кварц, окаймляющий многочисленные пустоты выщелачивания и лимонитовые псевдоморфозы. Местами среди лимонитизированных участков развивается ярозит.

Известно, что в некоторых специфических условиях в результате регионального выветривания могут возникать осветленные породы, по виду сходные с только что описанными образованиями. Однако широкое развитие опала, пустот выщелачивания, лимонитовых псевдоморфоз и ярозита в осветленных породах рудной зоны не позволит нам спутать эти образования.

Породы, обогащенные гидратами окиси железа

Подобные породы проявляются в различных местах по-разному. В одних случаях это осветленные породы, несущие слабую пленочную лимонитизацию на плоскостях сланцеватости. В других — это уже нацело пропитанные лимонитом разности. Наконец, нередко мы имеем дело с прожилками плотного лимонита, образующими во вмещающих породах сетку той или иной густоты. Развита описываемые образования как в пределах самой рудной зоны, так всяческого и особенно лежащего ее боков. В пределах рудной зоны преимущественно проявляется тонкий пропитывающий лимонит или прожилки плотного лимонита. Последние наиболее часто встречаются вблизи ее лежащего бока. Что касается пленочной лимонитизации, то она обычно наблюдается за пределами рудной зоны, развиваясь в виде тонких корочек и пленок на плоскостях отдельности порфиритов и хлоритовых сланцев. Местами среди интенсивно лимонитизированных участков рудной зоны появляется ярозит. Особенно интенсивно он развит в всячем боку зоны, в пределах резко осветленной дайки кварцевых альбитофинов, которая местами превращена в охристую ярозито-лимонитовую породу. В подавляющем большинстве случаев упомянутый минерал носит реликтовый характер, отчетливо замещаясь лимонитом. Однако в пределах рудной зоны в одной из канав были встречены участки, где среди пропитанных лимонитом пород обнаружались единичные микроскопические жилки ярозита. В осевых частях каждой такой жилки развивался плотный лимонит. Если упомянутые жилки рассматривать в качестве более позднего образования по отношению к вмещающей лимонитовой массе,

то придется допустить, что где-то уже в конечные этапы развития данной зоны окисления произошло резкое повышение кислотности сульфатных растворов. Это могло быть связано только с окислением новых порций первичных сульфидных руд. Однако каких-либо иных указаний на то, что подобное явление имело место, мы нигде не встретили. Поэтому, по-видимому, правильнее считать упомянутые жилки ярозита своеобразными реликтами замещения.

Помимо вышеизложенного упомянутый факт интересен для нас в другом отношении. В настоящее время хорошо известно, что ярозит может образоваться только на сравнительно значительной глубине от поверхности, там, где имеется недостаток воды и свободного кислорода. Обнаружение же его непосредственно в рудном выходе указывает на то, что верхняя часть зоны окисления к настоящему времени снесена эрозией.

Что касается вопроса использования данной морфологической черты для оценки рудных выходов, то следует иметь в виду, что в литературе описаны [7] случаи возникновения не только пленочной лимонитизации, но даже прожилков плотного лимонита при процессах регионального выветривания железосодержащих пород. Мы полагаем, что хорошим критерием для отличия одной лимонитизации от другой будет являться наличие ярозита, который всегда укажет, что данный лимонит возник за счет окисления сульфидов.

Бурые железняки

Сплошные бурые железняки в пределах современного рудного выхода имеют очень незначительное развитие, встречаясь в виде отдельных кусков и глыб среди рыхлого охристого материала. Наиболее часто они обнаруживаются в крайней юго-восточной части описываемой площади. В большинстве случаев бурые железняки в той или иной степени пористы. Пористость характеризуется неравномерно-гнездовидным распределением. Участки с густой пористостью имеют типичную шлаковую текстуру и нередко переходят в нормальные губки.

Спектральный анализ таких бурых железняков показал присутствие в них меди (до 0,01%), серебра (до 0,005%) и титана (до 0,03%).

Лимонит бурых железняков представлен скрытокристаллической разновидностью с хорошо выраженной метаколлоидной структурой. По оптическим свойствам он относится к лепидокрокитовому ряду. Описываемый лимонит часто в пористых участках выстилает стенки пустот и образует сеть жилок различной густоты. Спектральным путем в этом материале обнаружены: медь (до 0,01%), титан (до 0,03%) и молибден (до 0,001%).

В генетическом отношении эти бурые железняки, по-видимому, следует считать окисленными аналогами богатых вкрапленных и в меньшей степени сплошных сульфидных руд.

Окисленные аналоги бедных вкрапленных руд

Данные образования представляют собой породу, содержащую поры от выщелачивания сульфидов. Форма этих пор большей частью округлая или даже квадратная, реже неправильная. Очень часто они бывают окружены стебельчатым кварцем. Замечено, что в одних случаях упомянутые поры бывают пустыми, в других — заполнены лимонитом с образованием псевдоморфоз.

В пределах рудного выхода указанная пористость почти повсеместно приурочена к площади развития осветленных пород. Распределена

она неравномерно и встречается обычно гнездами, участками или жиллоподобными образованиями. Местами поры расположены так густо, что такие участки принимают характер губки.

Опализированные породы

Опализация почти повсеместно наблюдается в полосе осветленных пород всякого бока. Здесь опал тонко пропитывает породу, придавая ей характерный фарфоровидный облик. В связи со сравнительно слабой лимонитизацией этих пород он имеет белую окраску или совершенно бесцветен.

Достаточно широко описываемый процесс развит и в бурых железняках. В этом случае опал всегда в той или иной степени окрашен в красновато-оранжевые тона. Он пропитывает наиболее пористые участки бурых железняков, заполняя все имеющиеся там пустоты. В плотных разностях бурых железняков опал развит в виде единичных жилок, мощность которых доходит до нескольких сантиметров.

Под микроскопом бывает хорошо видно, как опал разъедает лимонит, представляя собой отчетливо более позднее образование. При таком разъедании в опале обычно остается тонкая сыпь лимонита, обуславливающая его красноватую окраску. Спектральным анализом в опале установлено присутствие сотых долей меди и титана.

Генетически опализацию следует связывать с кремнекислотой, освободившейся при разложении полевых шпатов боковых пород под действием сульфатных растворов. Время образования опала, по-видимому, совпадает с периодом наибольшей концентрации сульфатных растворов в пределах данного участка зоны окисления, так как только в этом случае может наиболее полно пройти разложение боковых пород и освобождение большого количества кремнекислоты. Это, в свою очередь, связано с энергичным разложением первичной сульфидной массы существенно пиритового или пирито-пирротинового состава. По мнению С. С. Смирнова, этот процесс наиболее полно будет проходить в условиях сухого климата [8]. Развитие опала по сформированным бурым железнякам заставляет сделать вывод, что сульфатные растворы, образовавшиеся в данном месте, не причастны к созданию развитой здесь опализации. По-видимому, правильнее последнюю ставить в генетическую зависимость от растворов, спустившихся с гипсометрически более высоких горизонтов зоны окисления.

Совершенно на сегодняшний день не ясно, какова была величина разрыва во времени между формированием бурых железняков и их опализаций. С одной стороны, исходя из того, что опал замещает уже полностью сформировавшиеся бурые железняки, можно предположить, что этот интервал был значительным. Однако тогда трудно объяснить появление высоко концентрированных сульфатных растворов после того, как сульфидная масса данного горизоната, и тем более вышележащих, уже давным-давно превратилась в бурые железняки. С другой стороны, может быть никакого существенного разрыва между образованием бурых железняков и опалов не существовало. Вполне возможно, что их формирование представляет собой две стороны одного и того же процесса. В силу структурных особенностей в одном месте руда может окисляться несколько раньше, чем в другом. Следовательно, возникшие в одном месте сульфатные растворы могут вызвать опализацию только что образовавшихся по соседству (гипсометрически ниже) бурых железняков.

Исходя из общего анализа имеющегося материала, второй взгляд нам представляется более вероятным.

Рыхлые продукты зоны окисления

Обилие рыхлых продуктов составляет одну из наиболее характерных особенностей описываемой зоны окисления. По составу и генезису среди этих продуктов можно выделить следующие группы: 1) барито-кварцевые пески; 2) кварцевые пески; 3) лимонито-кварцевые пески; 4) дезинтегрированные пористые бурые железняки; 5) продукты дезинтеграции осветленных пород; 6) пиритовая сыпучка.

Барито-кварцевые пески развиты в виде единичной небольшой линзочки в лежащем боку рудной зоны, среди лимонито-кварцевых песков (между выходами двух магнетитовых тел).

Макроскопически они представляют собой весьма тонкий желтовато-серый материал с многочисленными обломками осветленных пород. Многие обломки отчетливо сланцеваты и в той или иной мере лимонитизированы. Микроскопическое изучение тонкого материала показало, что он состоит из неправильных зерен кварца, пластинчатых зерен барита и незначительной примеси тонкодисперсного каолиноподобного материала. Кварц преобладает над баритом примерно в десять раз по объему. Часто он имеет пористую структуру и местами содержит гнездовиднораспределенные псевдоморфозы лимонита по пириту. Детальное исследование тонкодисперсного материала с помощью центрифугирования и окрашивания органическими красителями показало, что он состоит из гидрослюда с примесью монтмориллонита.

Спектральный анализ указанного материала показал присутствие следующих компонентов (в %):

Pb	Cu	Ag	Zn	Ga
0,01	0,005	0,001	0,05	0,01

Разделение этого материала на фракции с последующим спектральным их опробованием показало, что галлий концентрируется в легкой фракции, в самом тонком пылеватом материале. Здесь же отмечено повышенное содержание цинка (более 0,1%). Вообще везде в легкой фракции содержание цинка превышает 0,02%. Тяжелая фракция обогащена свинцом (до 0,02%).

В генетическом отношении мы считаем описанные барито-кварцевые пески продуктом выщелачивания богатых вкрапленных или даже сплошных сульфидных руд колчеданного типа, вероятно, содержащих заметное количество сфалерита, халькоперита и галенита.

Кварцевые пески встречены также в виде маломощной линзочки, но уже не в лежащем, а в висячем боку рудной зоны, как раз на границе осветленных и опализированных пород с лимонитизированными порфиритами.

Макроскопически это довольно однородный светло-серый песчаный материал, в котором попадаются редкие небольшие кусочки рассланцованной осветленной породы. Под микроскопом видно, что описываемый материал состоит в основном из кварцевых зерен, форма проявления которых подобна таковым из барито-кварцевых песков. Несколько специфическим является заметная их лимонитизация, обычно носящая пленочный характер. Спектральным анализом в этом материале установлено только присутствие тысячных долей процента меди.

В генетическом отношении описанные пески, по-видимому, являются аналогами предыдущих с той только разницей, что здесь в исходном материале примесь сульфидов меди, цинка и свинца, вероятно, была ничтожной.

Лимонито-кварцевые пески являются наиболее широко распространенными рыхлыми продуктами рудного выхода, развитыми преимущественно в осевой части зоны. По характеру проявления, морфологии и генезису среди них можно выделить две основных разновидности.

Первая из них сложена охристо-желтым обломочным материалом. Отдельные кусочки или обломки представляют собой существенно кварцевую породу, буквально пропитанную охристым лимонитовым материалом. Большинство указанных обломков при сильном нажатии пальцами распадается на кварцевые зерна и тонкий землистый охристый материал. Под микроскопом видно, что тонкий материал состоит из мельчайших кварцевых зернышек, покрытых лимонитовой «рубашкой» различной толщины, сильно искажающей истинную форму зерен.

При внимательном рассмотрении этого лимонитового материала в нем всегда обнаруживается присутствие некоторого количества ярозита. В отдельных зернах местами видны псевдоморфозы лимонита по пириту. Спектральным анализом в этом материале установлено присутствие 0,1% меди и около этого же количества цинка, связанных, по-видимому, с охристой лимонитовой массой.

Развиты описанные образования в виде маломощной линзочки в лежащем боку зоны в непосредственном контакте с барито-кварцевыми песками.

Вторая разновидность представлена оранжевым или желтовато-бурым землистым материалом, среди которого встречаются обломки осветленных пород и редкие куски пористых бурых железняков, местами опализированных. Все обломки с периферии покрыты оболочкой из охристого землистого лимонита.

Изучение под микроскопом землистого материала показало, что он, как и в предыдущем случае, состоит из мелких кварцевых зернышек, покрытых «рубашкой» из охристого лимонита с примесью ярозита. Спектральные анализы землистого материала показали наличие меди (до 0,01%) и тысячных долей процента серебра.

Развиты эти образования в самой осевой части рудной зоны, а также в некоторых местах вблизи висячего и лежащего ее боков.

В генетическом отношении обе разности лимонито-кварцевых песков, по-видимому, представляют собой нечто иное, как результат дезинтеграции кварцевой, богатой ярозитом, губки. В ходе дальнейшего процесса окисления ярозит был замещен лимонитом.

Дезинтегрированные пористые бурые железняки. Описываемый материал представлен красно-бурой или желтовато-бурой обломочной породой, внешне несколько напоминающей лимонито-кварцевые пески. Состоит она из обломков бурых железняков, нередко опализированных, мелких кусочков плотного лимонита с двойной внутренней структурой (радиальной и концентрической), кусков осветленной рассланцованной породы и мелких обломков кварца, иногда сцементированных в довольно крупные куски. Все это обволакивается тонким охристым ярозито-лимонитовым материалом. В кусочках осветленных пород почти всегда видны один или несколько прожилков плотного лимонита, развивающихся по сланцеватости. В обломках кварца часто обнаруживаются участки ячеистых лимонитов.

В тонком глинисто-лимонитовом материале спектрографически обнаружено присутствие меди (порядка 0,005%), серебра (до 0,01%) и

цинка (до 0,1%). Некоторые образцы показали резко повышенное содержание меди.

Развиты эти породы в виде хорошо выдержанной полосы, прослеживающейся через весь описываемый участок. Кроме того, в северо-западной части участка, вдоль осевой части зоны намечается вторая, выклинивающаяся полоса таких же образований. В пределах этих полос как раз и были встречены куски сплошных опализованных бурых железняков, описанные выше.

В генетическом отношении описанные образования, на наш взгляд, представляют собой ничто иное, как результат разрушения сильно пористых бурых железняков под действием нагрузки пород всяческого бока.

Продукты дезинтеграции осветленных пород. В нижней части зоны окисления, на глубине около ста метров от поверхности, в выработках неоднократно был встречен желтовато-белый рыхлый материал. По степени измельчения он неоднороден. Наряду с очень тонкой порошкообразной массой имеются кусочки, достигающие пяти сантиметров по длинной оси. Все кусочки как маленькие, так и большие имеют плитчатый характер и представляют собой обломки нацело осветленной сланцеватой породы.

Микроскопическое изучение показало, что этот материал представляет собой существенно кремнистую породу, состоящую из кварца, опала и некоторого количества тонкодисперсных глинистых продуктов. В составе последних присутствует монтмориллонит и гидрослюда. Местами развивается незначительная лимонитизация. Кроме того, установлено, что все кусочки на плоскостях сланцеватости несут тонкую более или менее равномерно распределенную пористость. Средний размер пор по длинной оси составляет 0,25 мм. В большинстве случаев они заполнены самородной серой. Местами она образует тонкие пленки на плоскостях сланцеватости породы. Очень много серы содержится и в мелкой рыхлой массе, обуславливая желтоватый оттенок последней. Более подробные описания упомянутой серы и условий ее образования дано в отдельной заметке [9].

Описанный рыхлый материал в одном месте перекрывает пиритовую сыпучку, а в другом — с всяческого бока граничит с резко отбеленной рассланцованной породой существенно кремнистого состава, обладающей реликтовой структурой порфириров.

Вышеизложенное позволяет считать, что описанный рыхлый материал представляет собой результат обрушения осветленных пород всяческого бока над уменьшающейся в объеме сульфидной массой при превращении ее в пиритовую сыпучку. С этим же явлением интенсивного разложения и выщелачивания сульфидных руд в нижней части зоны окисления следует связывать процесс образования самородной серы.

Пиритовая сыпучка. Этот материал нами был встречен дважды в нижней части описываемой зоны. В одном месте в всячем боку его залегают резко осветленные породы. В другом он перекрывается вышеописанными дезинтегрированными продуктами. Здесь же хорошо видно, как пиритовая сыпучка через полтора метра постепенно сменялась книзу сплошной пиритовой рудой. Микроскоп показал, что эта руда представляет собой пиритовый агрегат, разбитый большим количеством трещин. В последних кое-где сохранился жильный материал и единичные включения халькопирита. Создается впечатление, что указанная пиритовая руда не является в полной мере первичной, а представляет собой уже значительно выщелоченное образование. Учитывая, что первичные руды месторождения в достаточном количестве содержат пирротин, легко предположить, что он и подвергся в первую очередь выщелачиванию. Если это так, то можно считать, что пири-

товая сыпучка на месторождении наиболее охотно возникала в тех участках рудных тел, которые содержали значительное количество пирротина. Правда, прямых указаний на этот счет мы не имеем.

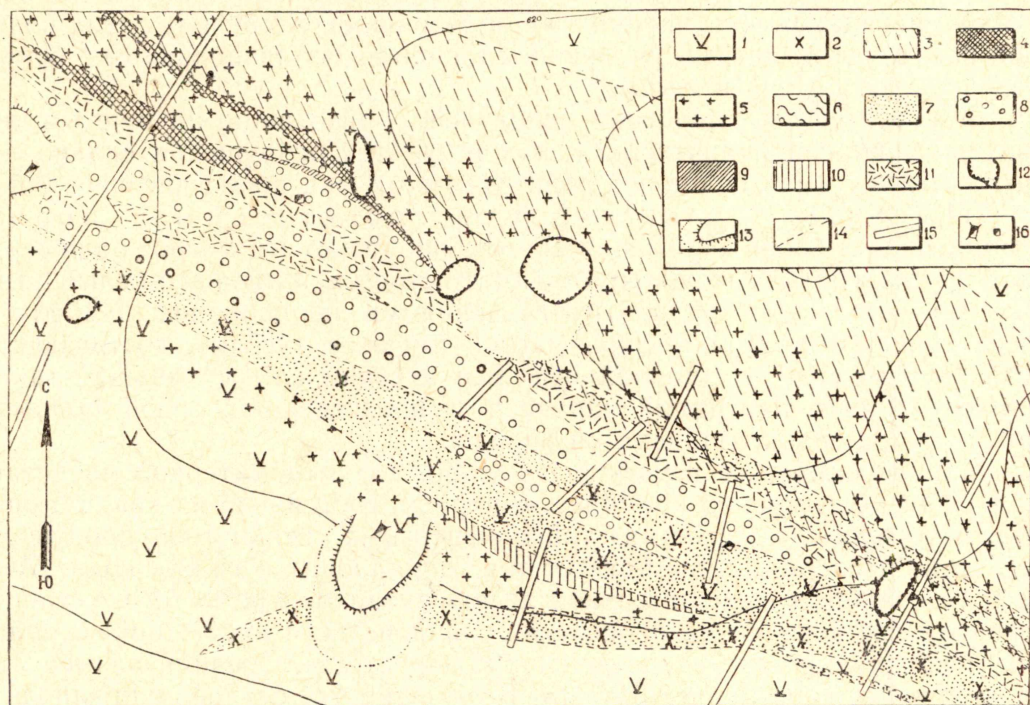


Рис. 1. Схема геологического строения рудного выхода центральной части Майнского месторождения: 1 — порфиры; 2 — кв. альбитофиры; 3 — хлоритовые, хлорито-кварцевые и кварцево-хлоритовые сланцы; 4 — магнетитовые тела; 5 — пленочная лимонитизация; 6 — прожилки плотного лимонита; 7 — осветленные породы; 8 — лимонито-кварцевые пески; 9 — барито-кварцевые пески; 10 — кварцевые пески; 11 — дезинтегрированные бурые железняки; 12 — ямы; 13 — отвалы; 14 — геологические границы; 15 — каналы; 16 — шахты и шурфы.

Заключение

Анализ приведенного выше материала показывает, что на закартированной площади выходам собственно рудных тел отвечают полосы дезинтегрированных пористых бурых железняков. Это говорит о том, что на глубине рудные тела в основном представлены богатыми вкраплениями, среди которых только участками встречаются сплошные руды. Наличие последних обнаруживается по находкам на поверхности среди рыхлой массы единичных кусков и глыб сплошных бурых железняков. Сделанный вывод полностью подтверждается наблюдениями в зоне первичных руд.

Широко развитые на поверхности лимонито-кварцевые пески представляют собой продукт дезинтеграции кремнисто-лимонитовой губки, являющейся окисленным аналогом более бедных вкрапленных руд.

Что касается барито-кварцевых и кварцевых песков, то они, по-видимому, представляют собой продукты выщелачивания богатых вкрапленных или даже сплошных существенно пиритовых руд. Высокая концентрация сульфатных растворов обеспечила здесь почти полный вынос железа. Присутствие в барито-кварцевых песках цинка, галлия, свинца и серебра указывает на наличие в первичных рудах примеси сфалерита и галенита.

Описанная зона окисления представляет собой древнее образование, претерпевшее после своего формирования ряд последующих изменений. Одним из неопровержимых доказательств существования таких изменений может служить появление в самой нижней части зоны окисления нашего месторождения узкого, невыдержанного горизонта с купритом и самородной медью. Подобные образования в литературе рассматриваются как продукты окисления халькозино-ковеллиновых руд зоны цементации, возникающие в результате резкого понижения уровня грунтовых вод. Малая мощность и плохая выдержанность указанного купритового горизонта позволяют предполагать, что существовавшая ранее зона цементации была слабо выражена. В настоящее время на Майнском месторождении зоны цементации, как таковой, нет совсем, только кое-где на границе первичных и окисленных руд встречаются небольшие участки с интенсивным развитием ковеллина.

Широкое развитие в верхней части описанной зоны охристого лимонита, представляющего собой продукт дальнейшего изменения ярозита, также является доказательством древности майнской зоны окисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. К. Баженов. Отчет о геологических исследованиях в районе Майнского медного месторождения Минусинского уезда. Изд. Сиб. отделения Геологич. Комитета, т. IV, вып. 1, 1924.
2. Н. Е. Веденеева и М. Ф. Викулова. Органические красители в применении к анализу глин. Сб. «Кора выветривания», вып. 1, 1952.
3. Н. Е. Веденеева. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. Госгеолыздат, 1952.
4. Н. Н. Великая. Осветленные зоны полиметаллических месторождений Центрального Казахстана и их поисковое значение. Информац. сборник ВСЕГЕИ, № 3, 1956.
5. Н. Н. Великая. Гипергенные изменения пород в зоне окисления полиметаллического месторождения Кузюк-Адыр в Центральном Казахстане. Матер. по геологии и полезным ископаемым Алтая и Казахстана. Госгеолыздат, 1956.
6. М. Е. Некипелов. Майнское серно-колчеданное медно-цинковое месторождение. Мат. по геологии Зап. Сиб. края, № 16, 1934.
7. В. Н. Разумова. Кора выветривания северо-западной части Казахского нагорья. Сб. «Кора выветривания», вып. 2, изд. Акад. наук СССР, 1956.
8. С. С. Смирнов. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. Акад. наук СССР, 1951.
9. В. К. Черепнин. Самородная сера в зоне окисления Майнского медно-колчеданного месторождения. Зап. Всесоюз. минер. общ., 2 серия, часть 7, 1958.
10. Ф. Н. Шахов. Морфологические черты зоны окисления Белоусовского месторождения на Алтае. Сб. аннотаций по законченным в 1946 г. научно-исследовательским работам, Томский политехнический институт, 1947.
11. Ф. Н. Шахов. Морфологические черты зон окисления. Тр. инст. геологии и работам, Томский политехнический институт, 1947.